

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT


(12) **Gebrauchsmuster****U 1**

(11) Rollennummer G 94 02 681.5

and B 27 V 5100

(51) Hauptklasse B23K 26/00

Nebenklasse(n) C03C 23/00

C04B 41/53

B44C 1/22

B27M 1/00

Zusätzliche
Information // B23K 26/08

(22) Anmelddetag 18.02.94

(47) Eintragungstag 21.04.94

(43) Bekanntmachung
im Patentblatt 01.06.94

(54) Bezeichnung des Gegenstandes

Vorrichtung zur Bearbeitung von Glas, Kunststoff,
Halbleitern, Holz oder Keramik mittels
Laserstrahlung

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers

Aesculap AG, 78532 Tuttlingen, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters

Grießbach, D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker,
W., Dipl.-Phys.; Böhme, U., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Beck, J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.;
Wößner, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,
70182 Stuttgart

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A 51 809 u
C - 223
8. Februar 1994

AESCLAP AG
Am Aesculap-Platz
78532 Tuttlingen

VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG VON
GLAS, KUNSTSTOFF, HALBLEITERN, HOLZ ODER KERAMIK
MITTELS LASERSTRÄHLUNG

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Glas, Kunststoff, Halbleitern, Holz oder Keramik mittels Laserstrahlung, mit einer Laserstrahlungsquelle, die Laserstrahlung in Form eines Laserstrahles emittiert, und mit einer Fokussierungsoptik, die die Laserstrahlung auf ein aus Glas, Kunststoff, Halbleiter, Holz oder Keramik bestehendes Werkstückteil fokussiert.

Vorrichtungen zur Materialbearbeitung, bei denen ein Werkstückteil mit Hilfe von Laserstrahlung bearbeitet wird, werden insbesondere im Falle metallischer Werkstückteile zum Schweißen, Schneiden oder Härteten verwendet. Dabei finden vor allem leistungsstarke Kohlendioxyd-Laser Anwendung, die Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 10,6 µm emittieren.

Kohlendioxyd-Laser werden auch zur Bearbeitung von Dielektrika oder Naturstoffen eingesetzt. Die Bearbeitung dieser Stoffe mit einem Kohlendioxyd-Laser hat allerdings

in vielen Fällen eine thermische Schädigung in Form einer Verkohlung der Ränder der bearbeiteten Bereiche zur Folge. Aufgrund dieser schädlichen Nebenwirkung des Kohlendioxyd-Lasers lässt sich dieser für eine präzise Bearbeitung von nicht-metallischen Werkstoffen nur sehr bedingt einsetzen.

Neben dem Kohlendioxyd-Laser ist in der Materialbearbeitung der Nd:YAG-Laser sehr verbreitet. Mit Hilfe dieses Lasers lässt sich Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 1,064 µm erzeugen. Der Nd:YAG-Laser hat gegenüber dem Kohlendioxyd-Laser den Vorteil, daß seine Strahlung von den meisten Metallen besser absorbiert wird und daß diese Strahlung über Lichtleitfasern übertragen werden kann. Zur Bearbeitung nichtmetallischer Werkstoffe ist jedoch der Nd:YAG-Laser nur beschränkt geeignet, da seine Strahlung insbesondere von Kunststoffen und von organischen Materialien nur zu einem geringen Teil absorbiert wird, so daß die Anwendung des Nd:YAG-Lasers für die Materialbearbeitung dieser Stoffe ineffizient ist.

Zur Strukturierung von Halbleitern und Kunststoffen werden als Laserstrahlungsquellen Excimerlaser eingesetzt, die ultraviolette Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 0,308 µm, 0,248 µm oder 0,193 µm emittieren. Die Anwendung dieser Laserstrahlung in der Materialbearbeitung hat den Vorteil, daß sich damit sehr feine Abtragungsstrukturen mit Ablationsraten im Bereich kleiner als 1 µm erzielen lassen, ohne daß dabei die Randbereiche beeinflußt werden. Die Abtragung erfolgt dabei allerdings durch Photoablation an der unmittelbaren Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückteiles, so daß sich mit Hilfe des Excimerlasers le-

diglich geringe Abtragungsraten erzielen lassen. Der Excimerlaser hat außerdem den Nachteil, daß er einen hohen Wartungsaufwand erfordert, insbesondere deshalb, da zu seinem Betrieb sehr reine Gase erforderlich sind, die zudem aufgrund ihrer toxischen Wirkung ein hohes Gefährdungspotential für das Betriebspersonal darstellen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Glas, Kunststoff, Halbleitern, Holz oder Keramik mittels Laserstrahlung anzugeben, mit der eine qualitativ hochwertige und effiziente Bearbeitung mit relativ geringem technischem Aufwand erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß die Laserstrahlung eine Wellenlänge von etwa 1,4 µm bis 3,0 µm aufweist.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kommt zur Bearbeitung der genannten Stoffe Laserstrahlung im mittleren Infrarotbereich zum Einsatz, die von diesen Stoffen stark absorbiert wird und einen effektiven Abtragungsmechanismus bewirkt. Die Eindringtiefe der Laserstrahlung lässt sich dabei von einem Bereich kleiner als 1 µm bis in den Millimeterbereich durch Anpassung der Wellenlänge der Laserstrahlung an die Grundabsorption des zu bearbeitenden Stoffes variieren, wobei die verwendeten Wellenlängen jedoch immer im Bereich von ungefähr 1,4 µm bis 3,0 µm liegen. Die Abtragung erfolgt durch einen thermo-mechanischen Effekt, indem der zu bearbeitende Stoff durch die Wirkung der Laserstrahlung lokal sehr stark aufgeheizt wird, so daß es zu sogenannten Mikroexplosionen kommt. Im Gegensatz zu Kohlendioxyd-Lasern ist mit der Einwirkung der Laser-

strahlung im mittleren Infrarotgebiet auf die genannten Stoffe keine Verkohlung der Ränder der bearbeiteten Bereiche verbunden, so daß mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine präzise Bearbeitung dieser Materialien möglich ist.

Mit Hilfe der Fokussierungsoptik läßt sich die Laserstrahlung auf das Werkstückteil fokussieren. Dadurch lassen sich Strukturen mit einer Ausdehnung von etwa 1 µm bis 500 µm aufbringen, beispielsweise können in Folien aus Kapton oder Mylar Bohrungen im Mikrometerbereich eingebracht werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist vorgesehen, daß die Vorrichtung eine den Laserstrahl und das Werkstückteil relativ zueinander bewegende Bewegungseinrichtung umfaßt. Beispielsweise kann der Laserstrahl über Umlenkelemente auf das Werkstückteil gelenkt werden, wobei die Umlenkelemente verschwenkbar sind, so daß der Laserstrahl über die Oberfläche des ortsfesten Werkstückteiles geführt werden kann. Die Bewegungseinrichtung kann beispielsweise von einer Steuereinrichtung gesteuert werden, so daß an vorbestimmten Stellen zum Beispiel eine Reihe von Bohrungen angebracht werden können oder das Werkstückteil beschriftet werden kann.

Die Laserstrahlungsquelle kann gepulste Laserstrahlung emittieren mit einer Pulsdauer von etwa 1 ps bis 10 ms und mit einer Energie von etwa 1 mJ bis 100 J. Die gepulste Laserstrahlung ist insbesondere zur Mikrostrukturierung geeignet, d. h. zum Aufbringen von Strukturen im Mikrometerbereich, da dadurch in einem kurzen Zeitintervall eine

verhältnismäßig große Strahlungsenergie appliziert werden kann und es aufgrund der kurzen Einwirkungszeit nicht zu einer Strukturvergrößerung dadurch kommt, daß die applizierte Energie bei andauernder Bestrahlung in benachbarte Bereiche weitergeleitet wird.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung, die sich insbesondere zum Beschriften oder zum Aufschmelzen eines ausgedehnten Bereiches des Werkstückteiles eignet, ist vorgesehen, daß die Laserstrahlungsquelle kontinuierliche oder kontinuierlich modulierte Laserstrahlung emittiert mit einer Leistung von etwa 1 mW bis 100 W.

Um Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von etwa 1,4 µm bis 3,0 µm zu erzeugen, ist es vorteilhaft, wenn die Laserstrahlungsquelle ein laseraktives Material umfaßt, das mit Erbium, Holmium, Chrom, Neodym oder Thulium dotiert ist.

Die Laserstrahlungsquelle kann beispielsweise als Festkörperlaser ausgebildet sein, der in einer vorteilhaften Ausführungsform einen YAG-, einen YAP- oder einen YSGG-Kristall umfaßt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht es beispielsweise, ein Glasteil mit dem Laserstrahl zu beaufschlagen, lokalisiert aufzuschmelzen und anschließend abzukühlen. Durch das Aufschmelzen und anschließende Abkühlen des Glasteils in einem eng begrenzten Gebiet, beispielsweise in einem Brennpunkt des Laserstrahles, werden in dem Glasteil mechanische Spannungen induziert, die eine Sollbruch-

stelle bewirken, wie dies beim mechanischen Einritzen bekannt ist. Das Glasteil kann anschließend leicht, beispielsweise manuell, gebrochen werden kann, wobei die Einwirkung der Laserstrahlung zur Folge hat, daß das Glasteil beim Aufbrechen nicht - wie beim Brechen mit Hilfe eines Glasschneiders üblich - an den Randbereichen der Bruchstelle aufsplittet. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Glasrohre, Glasstäbe oder Glasfasern präzise auftrennen, ohne daß es zu einer Randsplitterung kommt, so daß eine Nachbearbeitung, wie zum Beispiel eine Abrundung der Kanten, oder eine Reinigungsprozedur zur Beseitigung von Restsplitttern entfallen können.

Mit Hilfe der Vorrichtung kann zum Öffnen einer Glasampulle die Wand der Glasampulle lokalisiert aufgeschmolzen und nach erfolgter Abkühlung mechanisch aufgebrochen werden. Dadurch lassen sich insbesondere in der Medizin Ampullen, die beispielsweise sterile Lösungen zum Einspritzen beinhalten, leicht öffnen, indem durch die Wirkung der Laserstrahlung Sollbruchstellen erzeugt werden, so daß die Glasampullen ohne Randsplitterung sauber aufgebrochen werden können. Die Wellenlänge der Laserstrahlung kann dabei an die Grundabsorption des Glases angepaßt sein, so daß beispielsweise je nach Dicke der verwendeten Glasampulle die Sollbruchstellen in vordefinierter Tiefe erzeugt werden.

Die nachfolgende Beschreibung vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit beiliegender Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Beschriften von Glas, Kunststoff, Halbleitern, Holz oder Keramik;

Fig. 2: eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung von Sollbruchstellen in Glasrohren.

Bei der in Figur 1 dargestellten Vorrichtung emittiert ein Er:YAG-Laser 10 einen Laserstrahl 12, der mit Hilfe einer Aufweitoptik 14 aufgeweitet und mit Hilfe eines ersten Umlenkspiegels 16 und eines zweiten Umlenkspiegels 18 auf ein Werkstück in Form einer Glasplatte 20 gelenkt wird. Zwischen dem zweiten Umlenkspiegel 18 und der Glasplatte 20 ist im Strahlengang des Laserstrahles 12 eine Fokussierungsoptik 22 angeordnet, durch die der Laserstrahl 12 auf die Oberfläche der Glasplatte 20 fokussiert wird.

Während die Glasplatte 20 auf einer Halteplatte 24 ortsfest angeordnet ist, sind der erste Umlenkspiegel 16 und der zweite Umlenkspiegel 18 verschwenkbar gehalten. Dabei steht die Verschwenkachse des ersten Umlenkspiegels 16, die durch eine Haltestange 26 des ersten Umlenkspiegels 16 definiert wird, senkrecht zur Verschwenkachse des zweiten Umlenkspiegels 18, die ihrerseits durch eine Haltestange 28 definiert wird. Während die Haltestange 26 eine Verbindung herstellt zwischen dem ersten Umlenkspiegel 16 und einem Motor 36, stellt die Haltestange 26 eine Verbindung her zwischen dem zweiten Umlenkspiegel 28 und einem Motor 38.

Die Motoren 36 und 38 bilden einen Antrieb für die Umlenkspiegel 16 bzw. 18 und werden von einer gemeinsamen Steuerungseinrichtung 40 gesteuert.

Mit Hilfe der Steuerungseinrichtung 40 und der Motoren 36 und 38 lassen sich die Umlenkspiegel 16 und 18 in vorbestimmter Weise verschwenken, so daß der Laserstrahl 12 entlang einer definierten Strecke über die Oberfläche der Glasplatte 20 geführt wird und diese beispielsweise beschriftet werden kann.

In gleicher Weise kann statt der Glasplatte 20 ein Werkstück aus einem Dielektrikum, beispielsweise ein Kunststoffteil, oder ein Naturstoff wie Holz, Keramik, Stein oder auch ein Halbleitermaterial mit Hilfe des Laserstrahles 12 bearbeitet werden.

In Figur 2 ist eine Vorrichtung zur Erzeugung von Sollbruchstellen in Glasteilen dargestellt, bei der ein von einem Er:YAG-Laser 50 erzeugter Laserstrahl 52 mit Hilfe eines Umlenkspiegels 54 auf ein Glasrohr 56 gerichtet wird. Der Laserstrahl 52 wird mit Hilfe einer zwischen dem Umlenkspiegel 54 und dem Glasrohr 56 im Strahlengang des Laserstrahles 52 positionierten Fokussierungsoptik 58 auf die Wand 60 des Glasrohres 56 gebündelt.

Das Glasrohr 56 wird von einem Transportband 62 getragen, das um eine Antriebswalze 64 und eine Mitläuferwalze 66 geführt ist. Die Antriebswalze 64 ist über eine Antriebstange 68 mit einem Elektromotor 70 verbunden und wird von diesem in Drehung versetzt, so daß das Transportband 62 und das von ihm gehaltene Glasrohr 56 quer zur Ausbreitungsrichtung des Laserstrahles 52 verschoben werden.

Der Elektromotor 70 ist ebenso wie der Er:YAG-Laser 50 über eine Steuerleitung 72 mit einer Steuereinheit 74 verbunden.

Der Er:YAG-Laser emittiert Laserimpulse mit einer Pulsdauer von etwa 50 μ s bis 1 ms. Durch die Einwirkung der Laserstrahlung, deren Energie im Bereich von etwa 10 mJ bis 20 J liegt, wird das Glasrohr 56 im Brennpunkt des Laserstrahles 52 lokal aufgeschmolzen. Die Eindringtiefe des Laserstrahles 52 ist abhängig von der Grundabsorption des verwendeten Glases und der Laserstrahlenergie, so daß sich durch Wahl der Energie des Laserstrahles 52 die Eindringtiefe und damit die Ausdehnung der lokalen Aufschmelzone variieren läßt.

Während des Betriebes der in Figur 2 dargestellten Vorrichtung wird das Glasrohr 56 mit Hilfe des vom Elektromotor 70 angetriebenen Transportbandes 62 quer zur Ausbreitungsrichtung des Laserstrahles 52 verschoben, wobei die Vorschubgeschwindigkeit des Transportbandes 62 und die Repetitionsrate des Er:YAG-Lasers mit Hilfe der Steuereinheit 74 so aufeinander abgestimmt werden können, daß jeweils nur ein von der Steuereinheit 74 initierter Laserimpuls auf einen bestimmten Bereich der Wand 60 des Glasrohres 56 einwirkt und dort ein lokales Aufschmelzen bewirkt. Die Größe der Aufschmelzone ist durch Veränderung der Laserenergie oder der Art der Fokussierung an den Durchmesser und die Wandstärke des Glasrohres 56 anpaßbar. Die Aufschmelzone kühlt nach der Einwirkung des Laserstrahles 52 wieder ab, und durch das Aufschmelzen und Abkühlen werden in der Wand 60 des Glasrohres 56 mechanische

Spannungen hervorgerufen. Dadurch läßt sich das Glasrohr 56 anschließend in Höhe der Aufschmelzzone mechanisch brechen, ohne daß es dabei zu einer Randsplitterung des Glasrohres 56 kommt, wie dies beim mechanischen Einritzen mit Hilfe eines Glasschneiders in der Regel der Fall ist. Aufgrund der fehlenden Randsplitterung kann eine mechanische Nachbehandlung des Glasrohres 56 ebenso entfallen wie ein Reinigungsprozeß zur Entfernung von Restsplittern.

Da für die Erzeugung von Sollbruchstellen im Glasrohr 56 nur eine kurzzeitige Einwirkung des Laserstrahles 52 erforderlich ist, kann das Transportband 62 kontinuierlich mit hoher Geschwindigkeit bewegt werden. Trotz einer eventuell sehr hohen Vorschubgeschwindigkeit lassen sich die gewünschten Sollbruchstellen exakt positionieren. Dies erfolgt mit Hilfe der Steuereinheit 74, die über die Steuerleitung 72 den Betrieb des Elektromotors 70 und des Er:YAG-Lasers 50 so aufeinander abstimmt, daß zwischen zwei Laserimpulsen ein gewünschter Verschiebeweg des Transportbandes 52 und damit des Glasrohres 56 erzielt wird.

A 51 809 u.
C - 223
8. Februar 1994

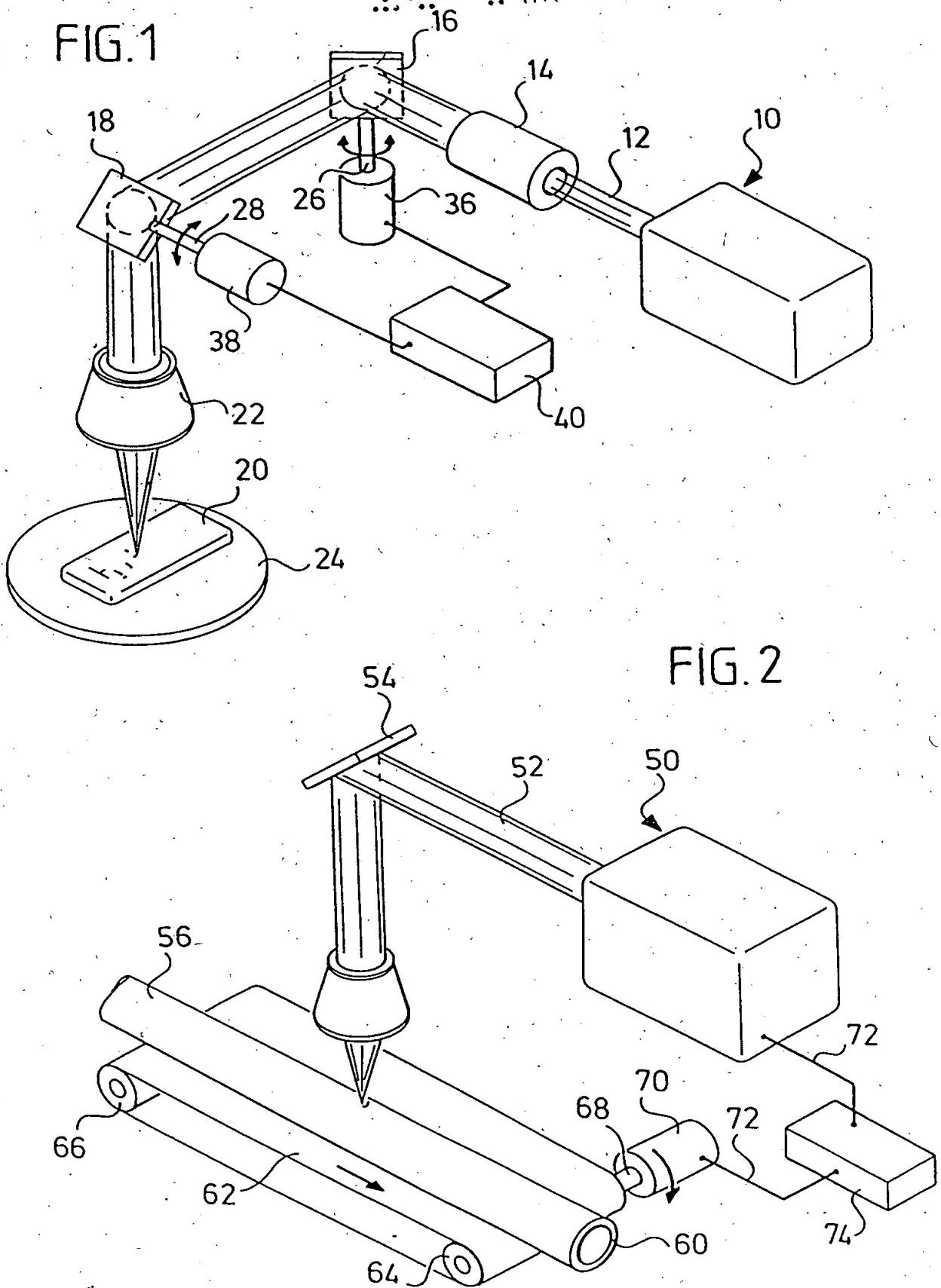
AESCHULAP AG
Am Aesculap-Platz
78532 Tuttlingen

S C H U T Z A N S P R Ü C H E

1. Vorrichtung, zur Bearbeitung von Glas, Kunststoff, Halbleitern, Holz oder Keramik mittels Laserstrahlung mit einer Laserstrahlungsquelle, die Laserstrahlung in Form eines Laserstrahles emittiert, und mit einer Fokussierungsoptik, die die Laserstrahlung auf ein aus Glas, Kunststoff, Halbleiter, Holz oder Keramik bestehendes Werkstückteil fokussiert, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlung eine Wellenlänge von etwa 1,4 µm bis 3,0 µm aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine den Laserstrahl (12; 52) und das Werkstückteil (20; 56) relativ zueinander bewegende Bewegungseinrichtung (36, 38, 70,) umfaßt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlungsquelle (50) gepulste Laserstrahlung emittiert mit einer Pulsdauer von etwa 1 ps bis 10 ms und mit einer Energie von etwa 1 mJ bis 100 J.

-
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlungsquelle (10) kontinuierliche oder kontinuierlich modulierte Laserstrahlung emittiert mit einer Leistung von etwa 1 mW bis 100 W.

04-00601



AESCALAP AG 78532 Tuttlingen

HÜGGER, STELLE, RECHT & PARTNER
Patentanwälte in Stuttgart

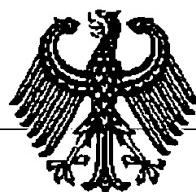
A 51 809 u

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

097509808

REC'D	26 JAN 1999
WIPO	PCT



DE98/3034

Bescheinigung

Die Technische Universität Dresden in Dresden/Deutschland und die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV in München/Deutschland haben eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Bauteil aus Holz sowie Verfahren zur Herstellung und Anwendung des Verfahrens"

am 16. Oktober 1997 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole B 27 K, B 27 M und E 04 C der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 18. Januar 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

 Faust

Wenzeichen: 197 45 706.1

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

608000100

16.10.97



Zusammenfassung

Bauteil aus Holz sowie Verfahren zur Herstellung und Anwendung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Bauteil aus Holz, bei dem das Holz in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften aufweist. Diese geometrisch definierten Bereiche weisen ausschließlich die Eigenschaften von erstarrten Holzschnellzäpfen auf. Ein Verfahren zur Herstellung derartiger Bauteile sowie die Anwendung des Verfahrens wird beschrieben.

16.10.97

Bauteil aus Holz sowie Verfahren zur Herstellung und Anwendung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Bauteil aus Holz, bei dem das Holz in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung derartiger Holzbauteile sowie die Anwendung des Verfahrens. Die Erfindung ist einsetzbar in der Holzbe- und verarbeitenden Industrie, im Bauwesen und im Handwerk.

In der Holzverarbeitung werden Laser neben Vermessungsaufgaben für Schneid- und Perforierungsprozesse eingesetzt. Eine neue, noch nicht industriell eingesetzte Anwendung ist das Abtragen mit Hilfe von Laserstrahlung. Von Seltman, J.: Freilegen der Holzstruktur durch UV-Bestrahlung, Holz als Roh- und Werkstoff, Springer-Verlag, 53(1995), S. 225-228 und von Panzner, M. et al.: Experimental Investigation of the Laser Ablation Prozess on Wood Surfaces, Fourth International Conference on Laser Ablation COLA, Monterey, California, 1997 werden unterschiedliche Möglichkeiten und Verfahren zum Abtragen der durch mechanische Bearbeitung zerstörten Holzschicht mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung verschiedener Wellenlängen beschrieben. Außerdem wird in DE 40 33 255 A1 ein Verfahren beschrieben, das der optischen Aufwertung von Holzfurnieren durch Hervorheben der Maserung dient. Dies geschieht durch pyrolytische Bräunung der Holzoberfläche mit Hilfe von IR-Strahlung. Die beim Laser-Schneiden auftretenden Veränderungen an Holz und Holzwerkstoffen untersuchte unter anderen auch Parameswaran, N.: Feinstrukturelle Veränderungen an durch Laserstrahl getrennten Schnittflächen von Holz und Holzwerkstoffen, Holz als Roh- und Werkstoff, Berlin 40(1982)11, S. 421-428, der folgende interessante Feststellungen machte: Die braun bis schwarz gefärbten Schnittflächen entstehen durch den hauptsächlich thermischen Trennvorgang und sind charakteristisch für eine Pyrolyse in den Zellbereichen der Trennung. Es wird eine weitgehend zusammengeschmolzene Oberfläche erzeugt, wodurch die einzelnen Zellumina im Durchmesser stark reduziert werden. Die hohen Temperaturen

in der Schnittfuge (etwa 700°C, Arai et al. 1979) führen zu einer allmählichen Umwandlung der Wandkomponenten in eine glasige Masse. Back, E.L.: Cellulose bei hohen Temperaturen: Selbstvernetzung..., Das Papier, 27(1973), S. 475-483 bestimmte für Cellulose theoretisch aus der Glastemperatur die Schmelztemperatur mit ca. 450 °C. Außerdem stellte er fest, das ein Schmelzen ohne pyrolytische Nebenerscheinungen nur möglich sein wird, wenn Erwärmung und Abkühlung in einer genügend kurzen Zeitspanne stattfinden.

Die bisher beschriebenen Schmelzvorgänge bei der Bearbeitung von Holz werden als störende Begleiterscheinungen angesehen. Bis jetzt wurden noch keine Veränderungen spezifischer Eigenschaften von Holz erzeugt.

Neben den typischen pyrolytischen Abbauprozessen bei der Bearbeitung von Holz mit Laserstrahlung ist auch das Schmelzen als ein sekundärer Umwandlungsvorgang bekannt. Geschmolzene Bereiche werden aber in der Regel als negativ für die Qualität der bearbeiteten Holzoberfläche bewertet. Außerdem werden in der Schmelze die bei der Bearbeitung entstehenden pyrolytischen Abbauprodukte festgehalten und erstarrt. Bekannte Verfahren, wie zum Beispiel das Lasertrennen beschränken sich darauf, bei der Bearbeitung Holzsubstanz durch thermische oder fotochemische Ankopplung des Lasers zu verdampfen. Die Veränderung der Holzstruktur in den an die Bearbeitungszone angrenzenden Bereichen erfolgt dabei willkürlich. Abbauvorgänge sind nicht steuerbar, kaum vermeidbar und führen im Allgemeinen zu einer Abwertung der Qualität des so bearbeiteten Holzes. Verschiedene Verfahren, wie zum Beispiel die Plasma-Bearbeitung (DE 41 35 697 A1) erfordern eine aufwendige Vorbehandlung des Holzes und komplizierte Bearbeitungsvorrichtungen, die eine großtechnische Einführung verhindern.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, durch gezielten Energieeintrag mit elektromagnetischer Strahlung Holz aus dem festen in einen schmelzflüssigen Zustand zu überführen, wobei nur in geringem Umfang, oder gar keine pyrolytischen Prozesse stattfinden. Die bei diesem Vorgang erzielten Veränderun-

gen sollen sowohl den Zellverband als auch die Molekülstrukturen des Holzes betreffen. Mit der so erzeugten Schmelze sollen chemische und physikalische Eigenschaften der Holzoberfläche systematisch verändert werden, und sich neue Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete für Holz ergeben.

Erfnungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Bauteil aus Holz mit den im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Vielgestaltige Bauteilvarianten ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren mit den im Anspruch 12 genannten Merkmalen gelöst. Varianten des Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Anwendungen des Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen 29 bis 35.

Das Bauteil aus Holz weist in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften auf. Erfnungsgemäß besitzen die geometrisch definierten Bereiche ausschließlich die Eigenschaften von erstarrten Holzschnellen. Im Zusammenhang mit den abhängigen Ansprüchen 2 bis 11 ergibt sich, das die Bereiche einzelne oder mehrere Holzzellen sind oder eine oder mehrere Zellwände. Aus der Verschmelzung ergeben sich Eigenschaftänderungen physikalischer und chemischer Natur als auch eine gezielte Veränderung des Verformungsverhaltens.

Entsprechend der abhängigen Ansprüche 29 bis 35 lässt sich die Schmelze für die Herstellung von Zusammenfügungen von Holzteilen und/oder Holzpartikel verwenden bzw. Einlagerungen in die Schmelze vornehmen.

Die Hauptbestandteile des Holzes Cellulose, Lignin und Hemicellulosen haben ähnlich anderen Polymeren keinen Schmelzpunkt, sondern es tritt ein breiter Übergangsintervall in der Phasenumwandlung auf. Im Unterschied zu Kunststoffen besitzt Holz aber keine homogene Struktur und somit auch keine konkrete Erweichungstemperatur, sondern einen Erweichungstemperaturbereich. Thermische Zersetzungsvorgänge beginnen im Holz schon bei Tempe-

raturen unter 100 °C. Entscheidender Faktor für das Einsetzen und Fortschreiten der Pyrolyse ist jedoch die Zeitdauer der Wärmeeinwirkung, da die Pyrolyse einen kontinuierlichen Prozeß aufeinander folgender Abbauvorgänge darstellt. Das Erweichen beginnt bei Temperaturen um 100°C, wobei der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffes einsetzt. Geschmolzenes Holz ist gekennzeichnet durch einen geringen Polymerisationsgrad, Erhöhung des Anteils an amorpher Masse, den Verlust der Fibrillenstruktur der Zellulose und der typischen Zellstruktur, Homogenisierung und Erhöhung der Schmelztemperatur bei wiederholter Erwärmung.

Dementsprechend ist das Verfahren gemäß Anspruch 12 zur Herstellung von Bauteilen aus Holz so ausgestaltet, daß die geometrisch definierten Bereiche durch berührungslosen, kurzzeitigen, vorzugsweise innerhalb kleiner/gleich 50 ms und hohen Energieeintrag aufgeschmolzen werden, so daß der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffes einsetzt, und die Schmelze innerhalb dieses Zeitraumes erstarrt.

Als elektromagnetische Strahlung wird vorteilhaft Laserlicht verwendet. Die Ausdehnung des Wechselwirkungsbereiches, die Wechselwirkungszeit und die Intensität werden durch eine Kombination von Relativbewegung zwischen Strahl und Werkstück sowie mit Methoden der dynamischen Strahlformung realisiert. Die Bearbeitung findet in einer durch Zusammensetzung, Druck und Temperatur definierten Gasatmosphäre statt. Die Erwärmung kann sowohl unter Inertgas, als auch in freier Atmosphäre durchgeführt werden. Das Schmelzen von Holz kann mit anderen Verfahren der Holzbearbeitung, z.B. mit mechanischen Verfahren kombiniert werden. Das Schmelzen kann in einem definierten zeitlichen Regime kurz vor, während oder kurz nach der Bearbeitung mit einem anderen Verfahren angewandt werden.

Aus der Erfindung ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Vorteile. Schmelzen ermöglicht die Veränderung der Gefügestruktur des Holzes. Das

Verschließen der Holzzellen führt direkt zu einer Verringerung der spezifischen Oberfläche und es wird die kapillare Aufnahme von Feuchtigkeit eingeschränkt bzw. unterbunden. Holz oder Holzpartikel lassen sich durch Schweißen untereinander verbinden ohne, oder ausschließlich unter Verwendung holzeigener (z.B. Lignin) Zusatzstoffe. Holz kann durch Schmelzen mit anderen Werkstoffen, insbesondere transparenten Polymeren oder Faserstoffen, verschweißt werden. Das Schmelzen ist räumlich lokal begrenzt oder flächendeckend möglich, wodurch der Anteil an geschmolzenem Volumen eine geometrisch definierte Größe auf oder unterhalb der Oberfläche besitzt und somit auch der Grad der Änderung physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften definiert ist. Mit der Schmelze werden gezielt physikalische und/oder chemische Veränderungen im Holz erzeugt. Zu diesem Zweck können zusätzlich Fremdstoffe in das Holz eingeschmolzen werden. Diese Fremdstoffe können Partikel und/oder Pigmente sein. Sie werden vor dem Schmelzprozess zum Beispiel mittels Tränken, Tauchen, Beschichten oder während des Schmelzvorganges zum Beispiel mittels Gas- oder Pulverstrahl in oder auf das Holz gebracht. Die Diffusionseigenschaften des Holzes gegenüber umgebenden Medien werden verändert. In geschmolzenen Bereichen sind die Diffusionseigenschaften in den Hauptschnittrichtungen des Holzes einander weitestgehend gleich. Durch das Schmelzen wird eine Hydrophobierung der Holzoberfläche erreicht. Geschmolzenes Holz weist durch die gezielte Veränderung physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften eine erhöhte Resistenz gegenüber Holzschädlingen auf. Härte und Abriebfestigkeit der Holzoberfläche lassen sich einstellen. Die optischen Eigenschaften (Absorption, Reflexion und Streuung) der Holzoberfläche werden gezielt verändert. Geschmolzenes Holz unterscheidet sich im Glanz deutlich von nicht geschmolzenem Holz. Die Erweichung der Holzsubstanz im Bereich der Glastemperatur bietet neue Möglichkeiten für die Verformung von Holz.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert.

16.10.97

An einem Holzbalken mit dem Querschnitt von 8 x 10 cm wurde der Balkenkopf zum Schutz vor kapillarer Wasseraufnahme im Bereich des Hirnholzschnittes eine geschlossene Oberfläche aus geschmolzenem Holz mit einer Dicke von maximal 0,5 mm erzeugt. Zur Erzeugung dieses geschmolzenen Bereiches wurde der Laserstrahl eines kontinuierlichen CO₂-Lasers mit einer Leistung von 2500 W und einem Wirkfleckdurchmesser von 6 mm mittels Doppel-Spiegel-Scanner mäanderförmig, bei einer Spurüberlappung von 10 Prozent und einer Geschwindigkeit von 6 m/s über die zu bearbeitende Hirnholzfläche des Balkenkopfes bewegt.

Um eine homogene und geschlossene Schmelzzone von größer 0,4 mm Dicke zu erzeugen, muß die Zellstruktur in dem geometrisch definierten Bereich aufgehoben werden. Daher wurden Wellenlänge und Einwirkzeit des Laserstrahls so gewählt, daß die festen Holzbestandteile bis in eine Tiefe von etwa 0,8 mm geschmolzen werden.

Die Verminderung der kapillaren Wasseraufnahme wurde durch Benetzung mit einer definierten Menge Wasser und Messung der Zeit bis zum vollständigen Eindringen des Wassers in die Oberfläche bestimmt. Die Untersuchung der geschmolzenen Holzoberfläche ergab eine Verlängerung der mittleren Eindringzeit um den Faktor 7,1.

16.10.90

Patentansprüche

1. Bauteil aus Holz, bei dem das Holz in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß diese geometrisch definierten Bereiche ausschließlich die Eigenschaften von erstarrten Holzschnelzen aufweisen.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kapillare Aufnahme von Feuchtigkeit in den geometrisch definierten Bereichen eingeschränkt bzw. unterbunden ist, indem einzelne oder mehrere offene Holzzellen verschmolzen sind.
3. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Diffusionswiderstand in den geometrisch definierten Bereichen gegenüber umgebenden Medien unabhängig von der Schnittrichtung erhöht, indem eine oder mehrere Zellwände in einer oder mehreren Schnittrichtungen aufgeschmolzen sind.
4. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die geometrisch definierten Bereiche in ihren optischen Eigenschaften Absorption, Reflexion, Streuung und damit im Glanz deutlich von nicht geschmolzenem Holz unterscheiden.
5. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Härte und Abriebfestigkeit in den geometrisch definierten Bereichen deutlich höher sind.
6. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsverhalten in den geometrisch definierten Bereichen gegenüber dem Ausgangszustand deutlich verändert ist.
7. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil von geschmolzenem Volumen eine definierte Größe besitzt und somit auch der Grad der Änderung physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften definiert ist.

16.10.97

-
8. Bauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Volumen in einem geometrisch definierten Bereich des Bauteils unterhalb der Oberfläche befindet.
 9. Bauteil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften durch in die Schmelze eingelagerte Substanzen zusätzlich und gezielt verändert sind.
 10. Bauteil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften gezielt verändert sind.
 11. Bauteil nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die eingesetzten Substanzen Partikel und/oder Pigmente sind.
 12. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus Holz nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrisch definierten Bereiche durch berührungslosen, kurzzeitigen, vorzugsweise innerhalb kleiner/gleich 50 ms und hohen Energieeintrag aufgeschmolzen werden, so daß der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffs einsetzt, und die Schmelze innerhalb dieses Zeitraumes erstarrt.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels hinsichtlich lateraler Ausdehnung des Wechselwirkungsbereiches, der Wechselwirkungszeit und Intensität extrem schnell und genau steuerbarer elektromagnetischer Strahlung mit einer hinsichtlich der gewünschten Tiefe des Wechselwirkungsbereiches angepaßten Wellenlänge erfolgt.
 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozess in einer definierten Gasatmosphäre mit definierter Zusammensetzung, Druck und Temperatur, stattfindet.
 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß unter Inertgas gearbeitet wird.
 16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozess in freier Atmosphäre, d.h. an Luft, unter Raumtemperatur und Normaldruck stattfindet.

-
17. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß Fremdsubstanzen vor und/oder während des Schmelzprozesses in die geometrisch definierten Bereiche eingebracht werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Fremdsubstanzen vor dem Schmelzprozess mittels Tränken, Tauchen oder Beschichten in die geometrisch definierten Bereiche eingebracht werden.
19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Fremdsubstanzen während des Schmelzprozesses mittels Gas oder Pulverstrahl in die geometrisch definierten Bereiche eingebracht werden.
20. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Schmelzen von Holz mit anderen Verfahren der Holzbearbeitung kombiniert wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Schmelzen von Holz mit mechanischen Verfahren der Holzverarbeitung kombiniert wird.
22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Schmelzen dieser geometrisch definierten Bereiche in einem definierten zeitlichen Regime kurz vor, während oder kurz nach der Behandlung des Holzes mit einem anderen Verfahren angewandt wird.
23. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels elektromagnetischer Wellen erfolgt.
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß elektromagnetische Wellen in Form von Laserlicht verwendet werden.
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Bearbeitungsziel gemäß Tiefen bzw. Dicke des Wechselwirkungsreiches durch die Auswahl der Wellenlänge bzw. des Wellenlängenbereiches und der Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung sowie der Wechselwirkungszeit zwischen den elektromagnetischen Wellen mit den geometrisch definierten Bereichen eingestellt wird.

16.10.97

-
- 26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die laterale Ausdehnung des Wechselwirkungsbereich, die Wechselwirkungszeit und die Intensität durch Kombination von Relativbewegung zwischen Strahl und Werkstück sowie mit Methoden der dynamischen Strahlformung und Strahlfokussierung realisiert werden.
 - 27. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels eines Impulslasers erfolgt.
 - 28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselwirkungszeit zwischen Laserstrahl und den geometrisch definierten Bereichen der Pulslänge des Lasers entspricht.
 - 29. Anwendung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß Bauteile aus mehreren Komponenten von Holzteilen und/oder Holzpartikeln mittels Zusammenfügen dieser Komponenten durch die Holzschnelze hergestellt werden.
 - 30. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß Holzteile und/oder Holzpartikel durch Schweißen untereinander verbunden werden.
 - 31. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß Holzteile und/oder Holzpartikel durch Schweißen unter Verwendung holzeigener Zusatzstoffe untereinander verbunden werden.
 - 32. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß als holzeigene Zusatzstoffe Lignin und/oder Cellulose verwendet werden.
 - 33. Anwendung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß Bauteile bestehend aus mehreren Komponenten, von denen mindestens eine aus Holz besteht, durch Zusammenfügen der Holzteile und/oder Holzpartikel mit anderen Komponenten hergestellt werden.
 - 34. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die anderen Komponenten, die nicht aus Holz sind, transparente Polymere und/oder Faserstoffe sind.

16.10.97

35. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 32 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Holzteile und/oder Holzpartikel mit anderen Komponenten durch Schmelzen verschweißt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)